

## **Caracterização e génese do *skarn* ferrífero de Orada (Zona de Ossa Morena)**

### ***Characterisation and genesis of the Orada iron skarn (Ossa-Morena Zone)***

**R. SALGUEIRO** - rute.salgueiro@ineti.pt (LNEG; CeGUL e CREMINER-ISR LA, FCUL)

**A. MATEUS** - amateus@fc.ul.pt (Departamento de Geologia e CeGUL, FCUL)

**C. INVERNO** - carlos.inverno@ineti.pt (LNEG; CREMINER-ISR, LA, FCUL)

**RESUMO:** A mineralização ferrífera de Orada compreende magnetite  $\pm$  sulfuretos enquadrados por anfibolitos ou domínios calcossilicatados da Unidade da Mina do Pequito. As associações minerais são análogas às de depósitos tipo *skarn* Fe-(Mg) e Fe-(Ca), modificadas de forma heterogénea durante o percurso de retrogradação (sin- a pós-pico de deformação Varisca) que também enquadra a deposição do minério. Os dados disponíveis favorecem a possibilidade da génese deste *skarn* ser devida aos reajustamentos químicos impostos pelo gradiente inverso de temperatura criado na dependência da imbricação tectónica.

**PALAVRAS-CHAVE:** mineralização magnetite-sulfuretos; *Skarn*-Fe(Mg/Ca); ZOM.

**ABSTRACT:** The Fe-mineralisation at Orada is composed of magnetite  $\pm$  sulphides hosted in amphibolites and calc-silicate domains of the Mina do Pequito Unit. The mineral associations are similar to those observed in Fe-(Mg) and Fe-(Ca) skarn type deposits, heterogeneously modified during the retrograding path (syn- to post-Variscan deformation peak) that also embraces the ore deposition. In accordance with the available data, the genesis of this skarn is possibly envisaged as a result of the chemical readjustments imposed by the inverse temperature gradient related to tectonic imbrication.

**KEYWORDS:** magnetite-sulphide mineralisation; Fe(Mg/Ca)-skarn; OMZ

## **1. INTRODUÇÃO**

A exploração das Minas da Orada (Pedrógão) é anterior a 1824. No período 1944-48, o *Serviço de Fomento Mineiro* (SFM) realizou diversas campanhas de prospeção e pesquisa, produzindo levantamentos geológicos, magnéticos e gravimétricos detalhados, bem como sondagens mecânicas para caracterização do depósito mineral e avaliação de reservas. Os domínios mineralizados revelaram-se estratóides com espessura e extensão máxima de 30 m e 250 m, respectivamente; as reservas foram estimadas em 2 Mt @ 39-46% Fe, 6-18% SiO<sub>2</sub>, 2.5-4.5% CaO, 0.01-0.02% P e 0.01 a >20% S (Carvalho, 1971); a paragéneses mineral inclui vários minerais calcossilicatados, magnetite (*Mgt*) e sulfuretos. O estudo recente de amostras colhidas na antiga corta mineira e em uma das sondagens realizadas pelo SFM na concessão do Touril (2.5 km a NW de Orada, SD10) permitiu colocar em evidência aspectos que se afiguram

determinantes para a caracterização destas mineralizações ferríferas. A apresentação sumária destes aspectos e a discussão dos constrangimentos por eles impostos ao processo metalogenético, constitui o objectivo primordial do presente trabalho.

## 2. ENQUADRAMENTO GEOLÓGICO

Na região de Orada aflora uma unidade inferior de anfibolitos e rochas carbonatadas e outra, suprajacente, de metavulcanitos félsicos, correlacionáveis, respectivamente, com a Unidade da Mina do Pequito (UMP) e Unidade das Azenhas da Rabadoa (UAR), assim definidas por Araújo (1995); o seu contacto é tectónico, materializado por planos de movimentação polifásica com direcção WNW-ESE e pendor inferior a 45° para N-NE. Estas unidades constituem um manto alóctone sobre o Complexo Vulcano-Sedimentar de Moura-Ficalho, desenvolvido/instalado durante as duas primeiras fases (D<sub>1</sub>-D<sub>2</sub>) de deformação Varisca (Araújo, 1995). A arquitectura interna da UMP é complexa, compreendendo uma série de estruturas cisalhantes D<sub>1</sub>-D<sub>2a</sub>, responsáveis pelo empilhamento sucessivo de escamas anfibolíticas; o contacto tectónico UMP-UAR trunca diversas estruturas cisalhantes precoces e preserva características cinemáticas compatíveis com D<sub>2b</sub>. Na região aflora ainda o granito de Pedrogão (308±4Ma; Carvalho, 1971) de onde derivam uma série de diques e filões que cortam as mineralizações, bem como as estruturas cisalhantes que as limitam a tecto e muro. Os testemunhos da sondagem SD10 revelam uma sequência de metavulcanitos félsicos (até 52 m de profundidade) sobreposta a uma sucessão complexa que, para além de metavulcanitos (mais deformados e metassomatizados), inclui rochas calcossilicatadas e calcoxistentas até aos 76 m; após esta profundidade e até aos 154 m surgem os domínios mineralizados no seio de anfibolitos e xistos anfibólicos, predominando as rochas carbonatadas no restante troço da SD10 (até ca. 178 m).

## 3. DOMÍNIOS MINERALIZADOS

Ao longo da SD10, a mineralização maciça (MM) de *Mgt* e sulfuretos ocorre em três intervalos de profundidade (101-103 m, 116-124 m e 125-127 m), intercalando com mineralização disseminada (MD), esta última observável até aos 154 m. O domínio intersectado entre os 116 e 124 m de profundidade compreende associações minerais calcossilicatadas típicas de *skarns* ferro-magnesianos [Fe-(Mg)], à semelhança do que acontece com os domínios MD localizados em níveis superiores da sondagem e com vários exemplares colhidos em escombreira. Outros domínios rochosos, com MD incipiente, revelam associações calcossilicatadas do tipo *skarn* ferro-cálcico [Fe-(Ca)], preservadas em: 1) veios com espessura centimétrica, cortando anfibolitos e xistos anfibólicos entre os 140 e 150 m de profundidade; ou 2) afloramentos (métricos) na proximidade da corta mineira. A MD (bandada ou não) de *Mgt* granular associa-se a paragéneses minerais calcossilicatadas que se desenvolvem em contexto carbonatado ou anfibolítico (SD10 e afloramento), quer ainda em anfibolitos e xistos anfibólicos intersectados pela sondagem referida.

## 4. SÍNTESE DOS DADOS DE PETROGRAFIA E MINERALOGIA

A matriz de alguns domínios de *skarn* Fe-(Mg) é constituída por forsterite (*Fo*<sub>89</sub>) e diópsido (*Di*<sub>73-88</sub>), desenvolvendo agregados com textura granoblástica grosseira parcialmente preservada; é possível que a calcite deformada (*Cc I*) integre esta paragénese, não obstante as relações texturais serem de interpretação dúbia. Vários domínios mineralizados registam deformação intensa, observando-se *boudins* e porfiroclastos de *Fo* e *Di*, por vezes inclusos em arranjos texturais miloníticos. As fases minerais que constituem a paragénese retrógrada [anfibolas

(*Amph*), serpentina (*Srp*) e clorite (*Chl*)], bem como *Mgt*, pirrotite (*Po*) e pirite (*Py*), envolvem e sobrepõem-se às que integram a paragénese prógrada, apresentando um período de formação relativamente longo, passível de discretização em dois estádios principais: o primeiro (I), pelo menos em parte síncrono da acomodação da deformação, possibilita o estiramento e crescimento mineral segundo orientações preferenciais; o segundo (II), posterior ao pico de deformação, conduz a arranjos texturais isótropos. Os grãos subédricos a anédricos de *Mgt II* manifestam granularidade variável; a *Po II* e *Py II* desenvolvem grãos anédricos irregulares, embora o último sulfureto possa também exibir morfologia idiomórfica e granularidade fina a média. A calcopirite (*Ccp*) é rara e forma grãos subédricos finos, bem como micro-exsoluções noutros sulfuretos; preenche ainda fracturas intragranulares diversas. Localmente, as fases minerais hidratadas preenchem várias gerações de filonetes/veios (Salgueiro *in prep*).

A matriz calcossilicatada dos domínios de *skarn* Fe-(Ca) é composta por: (1) relíquias de diópsido ( $Di_{59}Hd_{39}Jo_2$ ) e grossulária ( $Gr_{80-83}And_{9-12}$ ), estas últimas exibindo deformação e alteração carbonatada (*Cc II*); as ferropargasites/pargasites de granularidade bastante fina sucedem à paragénese prógrada; e (2) andradite ( $And_{65-80}Alm_{5-9}$ ), por vezes euédrica e zonada, e diópsido ( $Di_{44}Hd_{55}Jo_1$ ), com crescimento posterior a *Cc I*. Nestes contextos mineralógicos, grãos micrométricos de *Py* ocorrem dispersos na matriz ou associam-se a *Chl/Srp?*, respectivamente (Salgueiro *in prep*).

Outros domínios calcossilicatados são constituídos por agregados finos de *Amph* com crescimento sin-/pós-pico de deformação, os quais substituem relíquias de *Cpx*, algumas com crescimento zonado e bastante deformadas. A *Mgt* anédrica é abundante, podendo formar bandas relativamente compactas onde estabelece equilíbrio textural com *Amph*. Nestes contextos, a *Py II* grosseira associa-se a *Cc II*. Observam-se ainda filonetes/veios selados por *Chl II/SrpII(?)*, intersectando agregados de *Chl I* (Salgueiro *in prep*).

Os domínios carbonatados essencialmente calcíticos são constituídos por bandas alternadas de (*Amph* + *Cpx*) e *Cc II*. Nas bandas com *Cc II* dominante predomina *Mgt II*, dispersa ou concentrada em bandas com espessura milimétrica a centimétrica. Nas bandas silicatadas, contendo relíquias deformadas de *Cpx* substituídas por *Amph* ± *Chl*, *Srp* (?), identificam-se disseminações de *Mgt I*. Nos domínios essencialmente dolomíticos observam-se grãos finos a médios de *Mgt I* e *Mgt II* que se podem concentrar em bandas (sub)milimétricas; a *Dol I* evidencia recristalização dinâmica e a *Py* ocorre sob a forma de grãos micrométricos irregulares (Salgueiro *in prep*).

Por último, nos anfíbolitos e xistos anfibólicos, as disseminações de *Mgt* granular associam-se aos produtos de decomposição de *Amph* (actinolite e filossilicatos, respectivamente). Acresce referir que, nos vários domínios mineralizados, a *Mgt* preserva ocasionalmente exsoluções de espinela, sendo também observáveis efeitos imputáveis a martitização tardia (Salgueiro *in prep*).

## 5. DISCUSSÃO E CONCLUSÕES

A génese das mineralizações de Orada é controversa. Alguns autores (Silva, 1948; Neiva, 1952; Thadeu, 1965) consideram-nas *skarns* ígneos relacionados com o granito de Pedrógão; outros (Carvalho, 1971) atribuem-lhes uma origem vulcanogénica. Mineralizações congéneres reconhecidas na concessão Azenhas foram recentemente interpretadas como *skarns orogénicos* (ou *reaccionais*, na nomenclatura adoptada por Einaudi *et al.*, 1981), *i.e.* resultantes de processos metassomáticos assistidos por fluidos cuja dinâmica terá sido condicionada pelo gradiente inverso de temperatura estabelecido durante a imbricação tectónica da UMP (Mateus *et al.*, 2005).

As evidências mineralógicas e petrográficas coligidas para Orada sugerem que a génese metassomática das paragénese calcossilicatadas anidras precedeu um evento de deformação

importante. Deste modo, o estágio evolutivo por elas representado é devido a metassomatismo: 1) desencadeado por um corpo ígneo oculto instalado logo após a imbricação das primeiras escamas anfibolíticas da UMP ( $D_1/D_{2a}$ ); ou (2) promovido pelos gradientes inversos de temperatura gerados na dependência dos incrementos iniciais daquele empilhamento tectónico. A primeira possibilidade, embora plausível, não encontra fundamento nos dados geofísicos disponíveis para a área mineira, e o granito de Pedrógão é manifestamente posterior a todo o processo metassomático (e mineralizante). A segunda hipótese, em primeira análise, oferece uma explicação possível para o conjunto de elementos factuais obtidos até ao momento. Com efeito, a sobreposição tectónica de escamas com apreciável diferencial térmico é capaz de induzir a desidratação e recristalização das unidades inferiores (mais frias) e, consequentemente, a hidratação e retrogradação das unidades superiores (mais quentes), até à dissipação do gradiente inverso de temperatura. Dado o carácter polifásico do empilhamento, as escamas imbricadas irão registar de forma heterogénea os vários reajustamentos químicos induzidos ao longo do tempo, muito embora a progressão das reacções metassomáticas seja favorecida nos domínios rochosos com maior permeabilidade (*i.e.* na proximidade das zonas de cisalhamento) e/ou com maior contraste composicional (em particular, nos domínios adjacentes aos contactos entre anfibolitos e rochas carbonatadas). Assim, para além das paragéneses minerais anidras ( $Fo+Di$ ;  $Gr+Di$ ), é possível explicar: 1) a associação estreita entre *Mgt* e *Amph*, *Chl* e *Srp* nos domínios de *skarn* e anfibolitos; 2) a disposição de bandas mineralizadas subhorizontais em domínios carbonatados, (sub)paralelas aos cisalhamentos de baixo ângulo intra-UMP (Araújo, 1995; Mateus *et al.* 2005); e 3) a recorrência dos processos metassomáticos patente nas gerações de paragéneses hidratadas, carbonatos e *Mgt* ( $\pm$ sulfuretos) durante um período de tempo relativamente longo (sin/pós deformação).

## Referências

- Araújo, A. (1995) - Estrutura de uma transversal entre Brinches e Mourão (Zona de Ossa Morena): implicações na evolução geodinâmica da margem sudoeste da Terreno Autóctone Ibérico. Dissertação de Doutoramento, Univ. Évora, 200 p.
- Carvalho, D. (1971) - Observações sobre os jazigos de ferro da área Pedrógão-Orada: I Congresso Hispano-luso-Americano de Geologia Económica, Ibérica, Madrid, Tomo 1, secção 4, pp. 519-537.
- Einaudi, M.T., Meinert, L.D., e Newberry, R.J. (1981) - Skarn deposits. *Economic Geology 75th Anniversary Volume*, pp. 317-391.
- Neiva, J.M.C. (1952) - Les minerais de fer portugais. *Estudos Notas e Trabalhos*, Serviço de Fomento Mineiro, V. 7, pp. 281-293.
- Mateus, A., Araújo A., Gonçalves M.A., e Matos J. (2005) - Variscan overthrusting, fluid flow and the genesis of magnetite ore-bodies at Azenhas area (Pedrógão, Ossa-Morena, SE Portugal), *Boletín Geológico y Minero*, V. 116, n.º 1, pp. 3-22.
- Salgueiro, R.M.M. (in prep.) - Caracterização e génese das mineralizações de magnetite – sulfuretos de Monges (Santiago do Escoural, Montemor-o-Novo) e ensaio comparativo com as suas congéneres em Orada e Vale de Pães (Serpa – Vidigueira). Tese de Doutoramento, Univ. Lisboa.
- Silva, J.M. (1948) - Gisements de fer du Sud du Portugal, *Estudos Notas e Trabalhos*, Serviço de Fomento Mineiro, V. 4, pp. 31-42.
- Thadeu, D. (1965) - Notícia explicativa da carta mineira de Portugal na escala 1:500000, Serviços Geológicos de Portugal, 46 p.